

雷雲ガンマ線の多地点観測に向けた 検出装置の小型化と 2015年度冬季における北陸地方への展開

東大理^A, 京大白眉^B, 理研^C, 東大ビッグバン^D, 原子力機構^E
和田有希^A, 榎戸輝揚^B, 湯浅孝行^C, 中野俊男^D, 中澤知洋^A,
奥田和史^A, 古田禄大^A, 榎本大悟^A, 土屋晴文^{C, E}

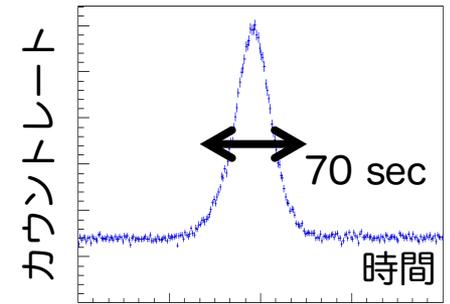
観測機器設置協力

米徳大輔 (金沢大), 渡會兼也 (金沢大附属高)

雷雲ガンマ線の多地点観測

雷雲から地上に到達する ~ 10 MeVのガンマ線

- ・ 柏崎原発内で2006年より今までに23回の検出
- ・ 雷雲内の静電場によって宇宙線由来の電子が加速され、制動放射する説が有力 (土屋+11 PRL)
- ・ 制動放射ビーミング効果、電子陽電子対消滅などの成果
(古田+年次大会15) (榎本+16 PRE)



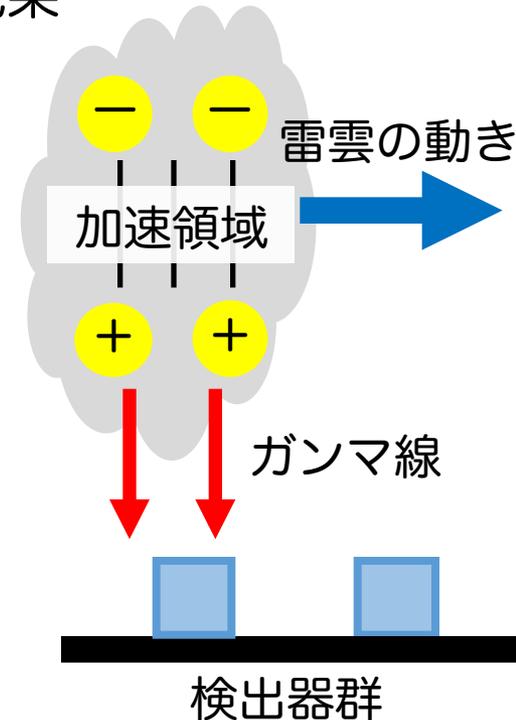
柏崎における検出の一例
(古田+年次大会2015)

課題

- ・ 加速器の大きさ、保持する機構、寿命は未知
- ・ 移動、発達、消滅を追跡したい
- > ~ 10 kmを**検出器アレイでカバーする**計画

最適な観測地域

- ・ 雲底が低く、かつ多くの雷が発生する冬の北陸地方
- ・ 10 kmを超える広い平野部
- > 冬の**金沢市近郊**が最適



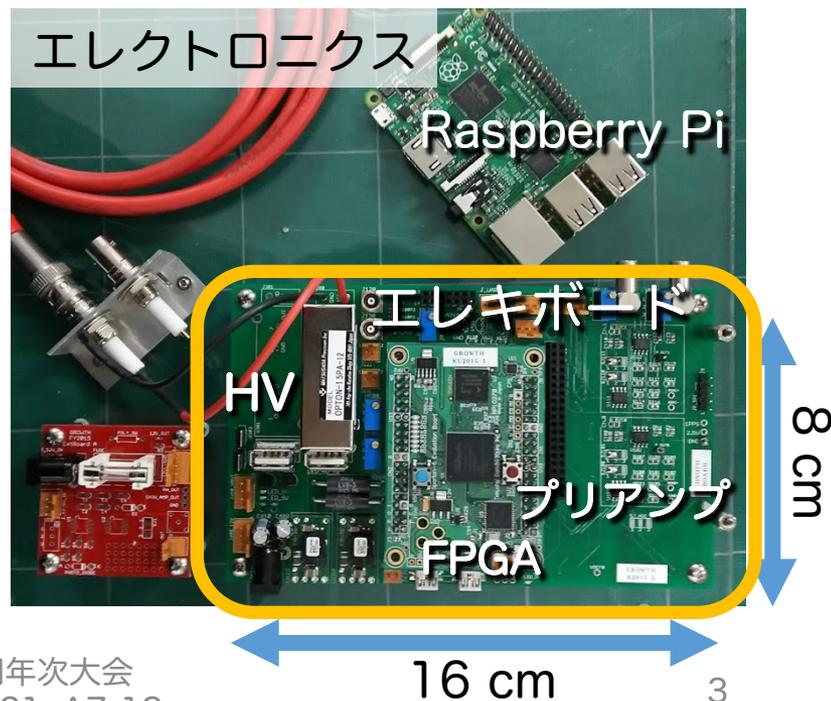
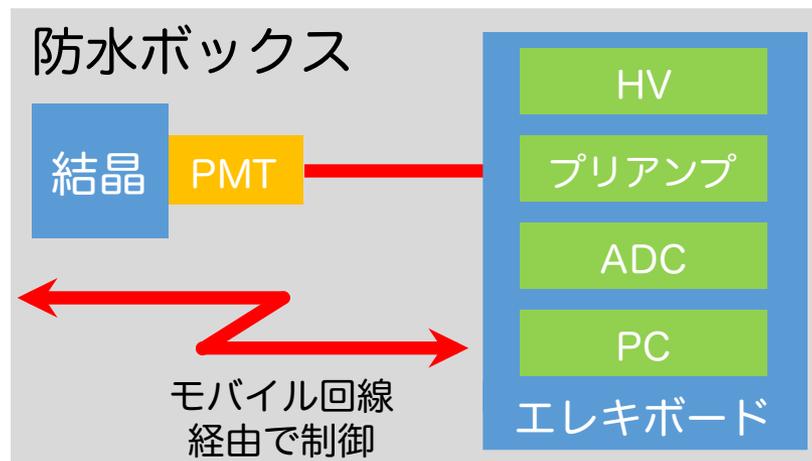
アレイ化に向けた小型ガンマ線検出器

検出器の概要

- ・ 2015年度は試作段階
 - ・ 結晶シンチ+DAQのシステム
 - ・ システムを防水ボックスに封入
 - ・ モバイル通信経由で制御・データ送信
 - ・ ウェブカメラで空の様子を撮影
 - ・ 安価で小型な検出器
- > エレキボードを**独自開発**

エレキボード

- ・ 小型Linux Raspberry Piで制御
- ・ 波形を25MHzデジタルサンプリング
(~30 bytes/event)



2015年度の金沢における検出器の設置



金沢大学

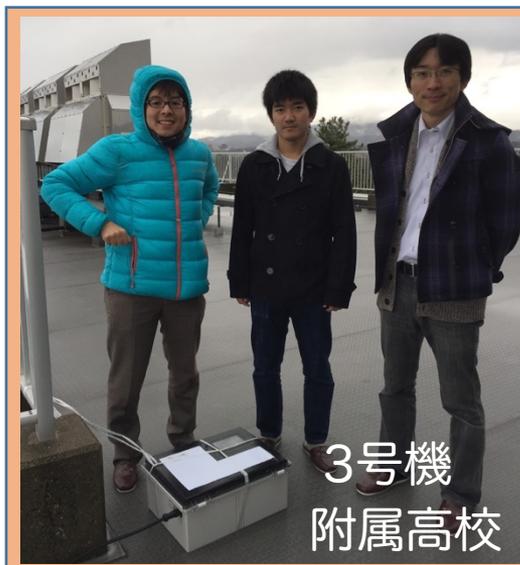
2号機

1号機

2015/11/13 - 2016/2/18

1号機 : 2 inch CsI + Plastic

2号機 : 3 inch BGO



2016/1/7 - 2/19

3号機 : 2 inch BGO



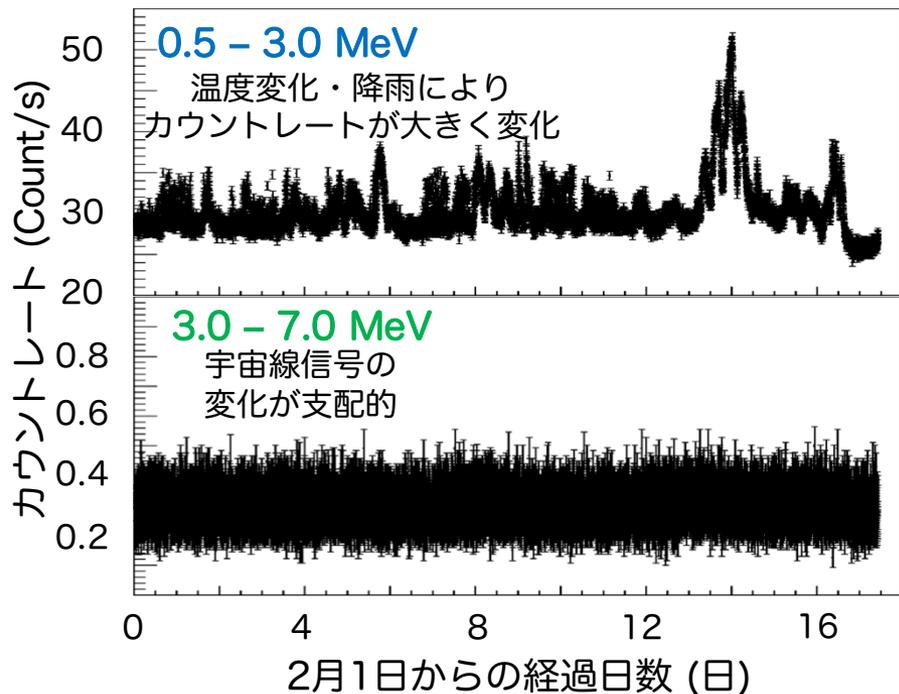
クラウドファンディングでの
調達資金で屋上に電源を設置

2016/3/21

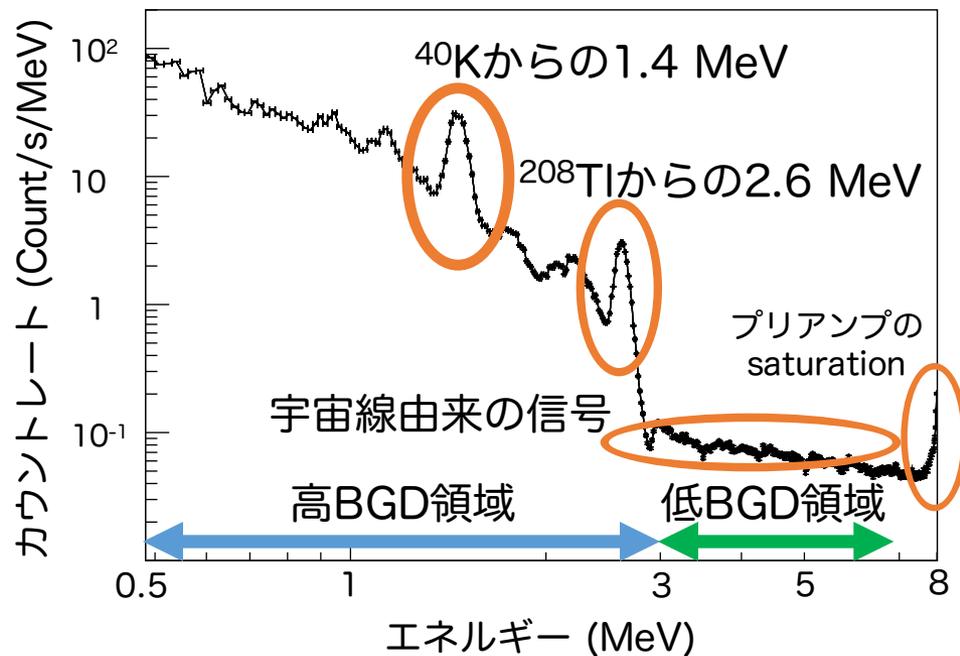
検出器のバックグラウンド

金沢大学1号機のライトカーブ・スペクトル (2 inch CsI)

カウントレートの時間変化 (ライトカーブ)
(120秒ビン・2016年2月1日から18日まで)



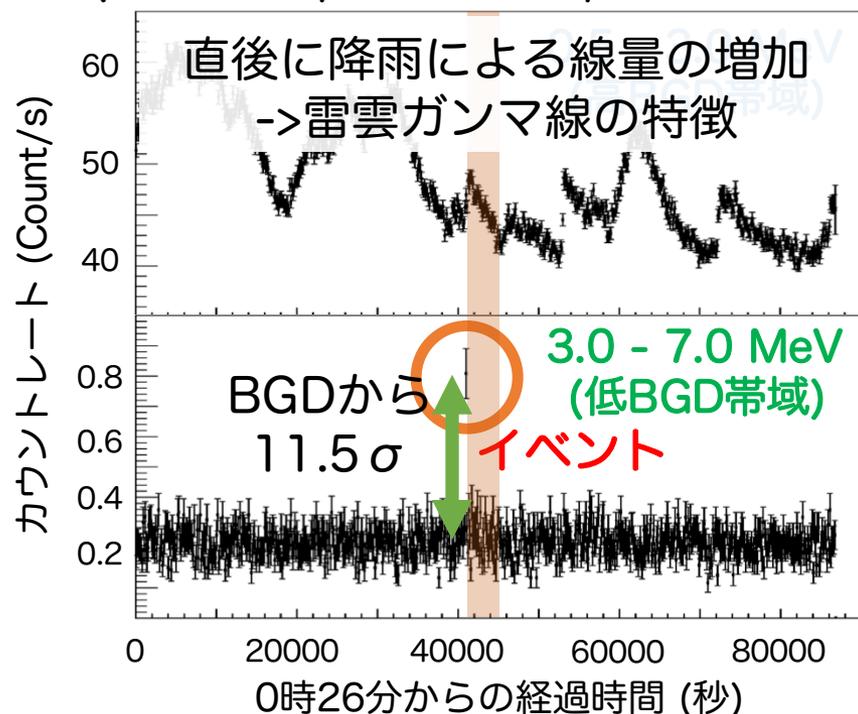
バックグラウンドスペクトル
(2016年2月1日から18日までの合計)



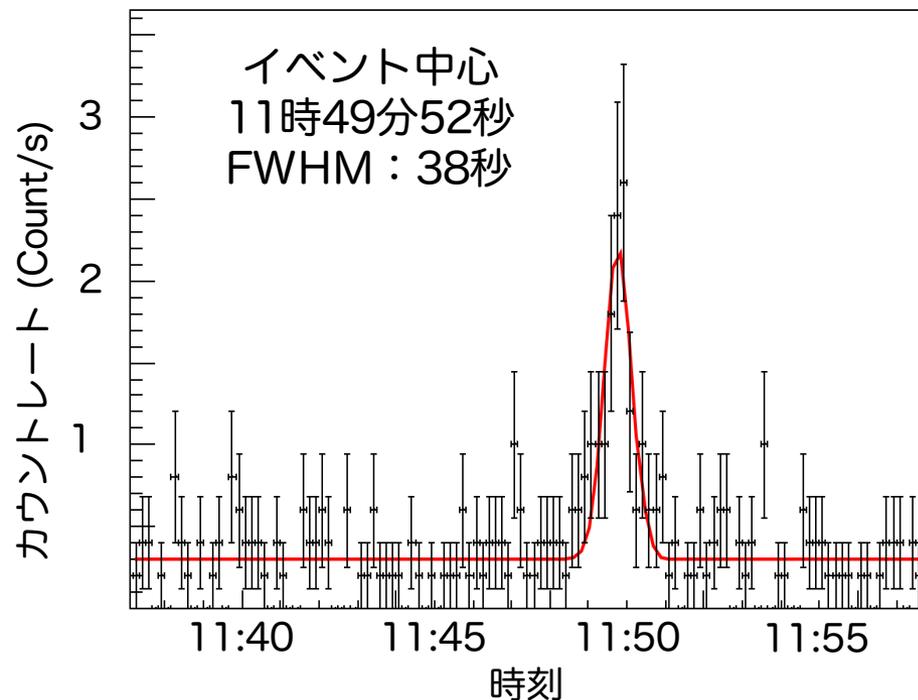
雷雲ガンマ線の検出は **3-7 MeV** の帯域を使用

附属高校におけるガンマ線イベント検出

ライトカーブ
(2月9日分/120秒ビン/2 inch BGO)



ライトカーブ
(3-7 MeV/5秒ビン)

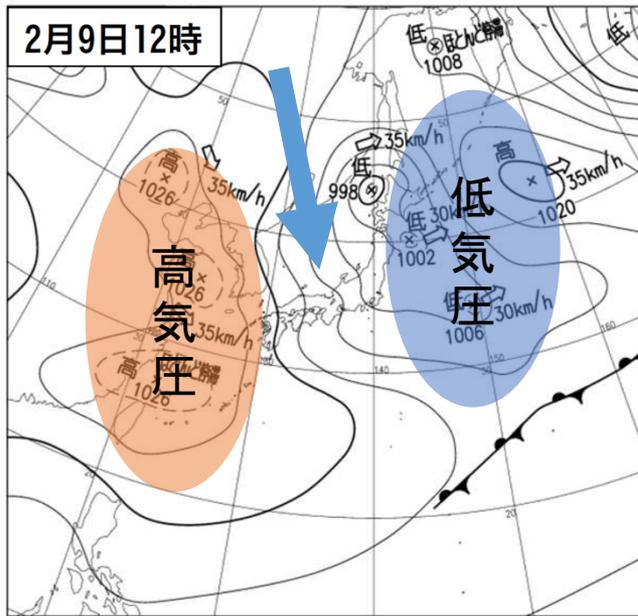


約1分間にわたり 3-7 MeV で 86 ± 19 フォトンの増加を検出

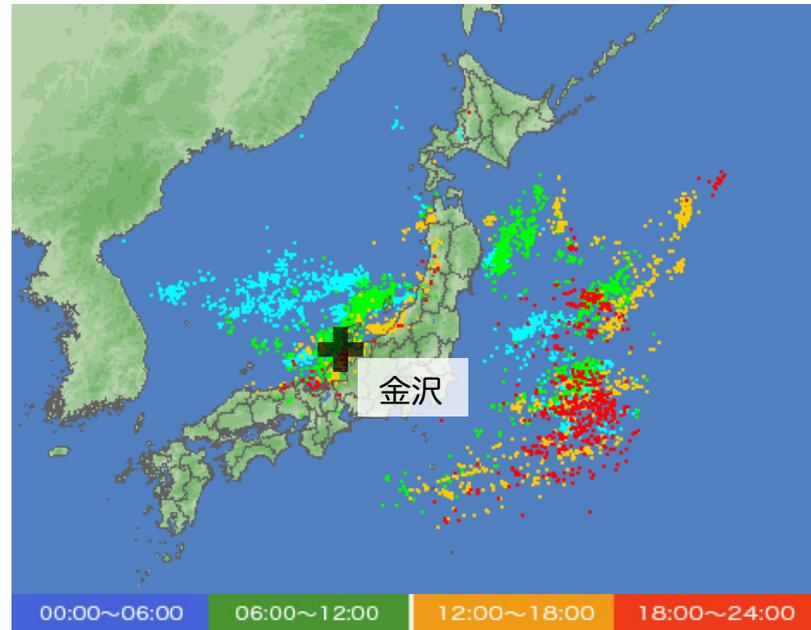
金沢で初めて雷雲ガンマ線を検出

2016年2月9日の金沢の気象状況

- ・ 日本海上空を低気圧が通過 -> 強い冬型の気圧配置
- ・ 北陸地方で日中に多数の発雷
- ・ 11時ごろ金沢市内で発達した積乱雲による突風被害が発生



出典: 東京管区気象台



出典: フランクリンジャパン社

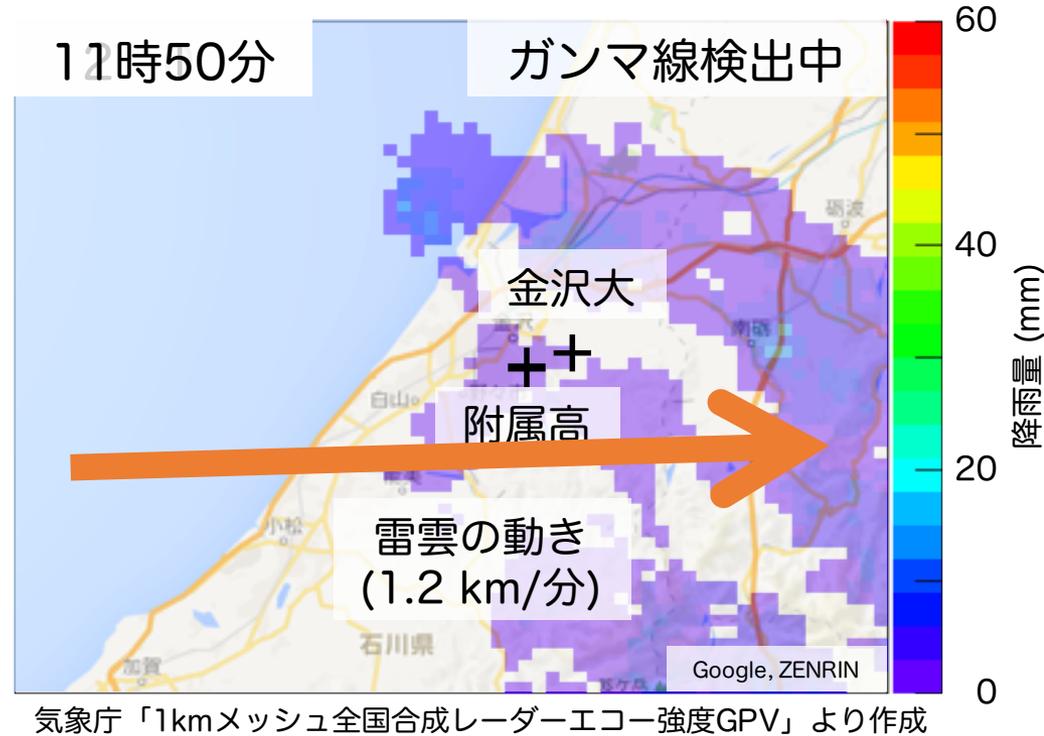
<http://www.franklinjapan.jp/contents/lightning-info/previous/>

雷雲ガンマ線が観測されうる典型的な気象条件

気象情報との比較・考察

- 雷雲ガンマ線を附属高で
11:49 – 11:50の間に検出
- ガンマ線検出直後に雨雲が通過
- 11:52に降雨を確認
- 雨雲 (雷雲) は2箇所の観測点を通るように移動
- 附属高での検出から30分以内に
金沢大でイベントの検出なし

- (1) 金沢大の上空を加速領域は通過しなかった
->放射領域が狭く検出器をかすめた可能性
- (2) 2点間 (4km) を移動中に加速領域が消滅
-> 移動中に発雷があった可能性 (現在調査中)
(土屋+2013 PRL)



附属高ウェブカメラ 11:52撮影



まとめ

- 独自開発のエレキボードを搭載した屋外用小型ガンマ線検出器を3台製作、金沢大学と金大附属高校に設置し、雷雲ガンマ線を観測。
- 2016年2月9日に附属高校で約1分継続のイベントを 11.5σ で検出、同イベントは4 km風下の金沢大学で検出されず。
- 検出した日は強い冬型の気圧配置で、雷雲ガンマ線が検出されうる典型的な気象条件。
- 4km離れた2地点間の移動中に発雷により加速領域が消滅した、または放射領域が狭く金沢大の検出器をかすめた可能性がある。